

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Sharaiha, Ala et al.
Applic No.:
Filed : Herewith
For : BROADBAND HELICAL ANTENNA
Docket No.: U16.12-0005

Group Art Unit:
Examiner:

**CLAIM OF PRIORITY AND TRANSMITTAL OF
CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS
BEING SENT BY U.S. MAIL, FIRST CLASS,
TO THE COMMISSIONER FOR PATENTS,
P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-
1450, THIS

18 DAY OF March, 2005

David D. Brush
PATENT ATTORNEY

Sir:

Applicants claim right of priority under the provisions of 35 USC § 119 based on French Patent Application No. 02 11696, filed September 20, 2002.

A certified copy of this application is enclosed. This priority application is identified in the Declaration filed herewith.

Applicants request that priority be granted on the basis of this application.

Respectfully submitted,

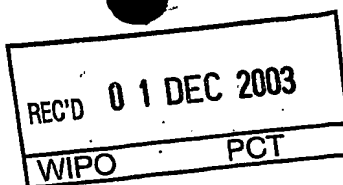
WESTMAN, CHAMPLIN & KELLY, P.A.

By:

David D. Brush

David D. Brush, Reg. No. 34,557
Suite 1600 - International Centre
900 Second Avenue South
Minneapolis, Minnesota 55402-3319
Phone: (612) 334-3222 Fax: (612) 334-3312

DDB:tkj



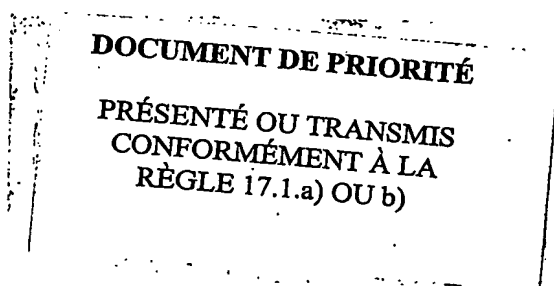
BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 SEP. 2003



Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75000 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 190500

20 SEPT 2002

REMISE DES PIÈCES

DA 35 INPI RENNES

LIEU

0211696

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

PAR L'INPI

20 SEP. 2002

Vos références pour ce dossier

(facultatif) 8039

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet Patrice VIDON
Le Nobel
2, allée Antoine Becquerel
BP 90333
35703 Rennes Cedex 7

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date / /

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date / /

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐ N°

Date / /

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Antenne hélicoïdale à large bande

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR

☐ S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Nom ou dénomination sociale

Université de Rennes I

Prénoms

Forme juridique

Etablissement public

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

2 rue du Thabor

CS 46510

Code postal et ville

35065

RENNES CEDEX

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

69



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

| | | | |
|---|----------------------|--|----------------|
| 20 SEPT 2002 | | RECEVÉ À L'INPI | |
| RENISE DES PIÈCES DATE | | 5 INPI RENNES | |
| LIEU | | 0211696 | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI | | DB 540 W / 190600 | |
| Vos références pour ce dossier : (facultatif) | | 8039 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> MANDATAIRE | | | |
| Nom | | VIDON | |
| Prénom | | Patrice | |
| Cabinet ou Société | | Cabinet Patrice VIDON | |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | | |
| Adresse | Rue | Le Nobel - Technopole Atalante 2, allée antoine Becquerel BP 90333 | |
| | Code postal et ville | 35703 | RENNES CEDEX 7 |
| N° de téléphone (facultatif) | | 02 99 38 23 00 | |
| N° de télécopie (facultatif) | | 02 99 36 02 00 | |
| Adresse électronique (facultatif) | | vidon@vidon.com | |
| <input checked="" type="checkbox"/> INVENTEUR (S) | | | |
| Les inventeurs sont les demandeurs | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée | |
| <input checked="" type="checkbox"/> RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) | |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Paiement échelonné de la redevance | | Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non | |
| <input checked="" type="checkbox"/> RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) : | |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) P. VIDON Mandataire (CPI 92-1250) | | VISA DE LA PRÉFECTURE DU DE L'INPI INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE RENNES | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Antenne hélicoïdale à large bande.

Le domaine de l'invention est celui des antennes à large bande passante et à diagramme de rayonnement hémisphérique ou quasi-hémisphérique. Plus
5 précisément, l'invention concerne les antennes hélicoïdales de ce type.

L'antenne de l'invention trouve notamment des applications dans le cadre des communications mobiles par satellite entre des utilisateurs fixes et/ou des mobiles de tout type, par exemple aéronautiques, maritimes ou terrestres. Dans ce domaine, plusieurs systèmes de communication par satellite sont mis en œuvre, ou
10 sont actuellement en cours de développement (par exemple les systèmes INMARSAT, INMARSAT-M, GLOBALSTAR (marques déposées),...). Ces antennes présentent également un intérêt dans le déploiement des systèmes de communications personnelles (PCS) par satellites géostationnaires.

Ces systèmes ont pour but de fournir aux utilisateurs terrestres des
15 nouveaux services de communications (multimédia, téléphonie) via les satellites. A l'aide de satellites géostationnaires ou défilants, ils permettent d'obtenir une couverture terrestre globale. Ils doivent être similaires aux systèmes cellulaires terrestres en termes de coût, de performance et de taille. Ainsi, l'antenne située sur le terminal de l'utilisateur est un élément clé du point de vue de la réduction de la
20 taille.

De tels systèmes sont notamment décrits dans les documents d'Howard Feldman, D.V. Ramana : « An introduction to Inmarsat's new mobile multimedia service », Sixth International Mobile Satellite Conference, Ottawa, June 1999, et de J.V. Evans : « Satellite systems for personal communications », IEEE A-P
25 Magazine, Vol. 39, n° 3, June 1997.

Pour tous ces systèmes, qui prévoient des liaisons avec des satellites géostationnaires, les incidences très différentes des signaux reçus ou émis imposent aux antennes de posséder un diagramme de rayonnement à couverture hémisphérique ou quasi-hémisphérique. De plus la polarisation doit être circulaire
30 (gauche ou droite) avec un rapport inférieur à 5 dB dans la bande utile.

Plus généralement, l'invention peut trouver des applications dans tous les systèmes nécessitant l'emploi d'une large bande et une polarisation circulaire.

Dans ces différents domaines d'application, les antennes doivent en effet présenter les caractéristiques précédentes soit dans une bande passante très large, de l'ordre de 10 % ou plus, soit dans deux sous-bandes voisines correspondant respectivement à la réception et à l'émission.

On connaît déjà, par le document de brevet FR-89 14952 au nom de France Telecom (marque déposée), un type d'antenne quadrifilaire en hélice particulièrement adapté à de telles applications. Une antenne quadrifilaire est formée de quatre brins rayonnants.

Cette antenne, appelée antenne hélice quadrifilaire imprimée (HQI), possède des caractéristiques proches des critères énoncés, dans une bande de fréquence limitée en général à 6 ou à 8 % pour un ROS inférieur à deux.

Un fonctionnement plus large bande peut être obtenu en utilisant des antennes HQI bicouche. Ces antennes sont formées par l'"emboîtement" concentriques de deux hélices quadrifilaires résonnantes coaxiales, couplées électromagnétiquement. L'ensemble fonctionne comme deux circuits résonnants couplés, dont le couplage écarte les fréquences de résonance. On obtient ainsi une antenne hélice quadrifilaire résonnante bicouche, selon la technique décrite dans FR - 89 14952.

Cette technique présente l'avantage de nécessiter un seul système d'alimentation, et de permettre un fonctionnement double bande ou large bande.

En revanche, elle présente l'inconvénient de nécessiter la réalisation de deux circuits imprimés et imbriqués, et, dans le fonctionnement double bande, de n'offrir qu'une faible largeur de bande dans chaque sous-bande. En fonctionnement large bande, la largeur de bande obtenue reste limitée.

Un autre exemple de réalisation est décrit en détail dans le document "Analysis of quadrifilar resonant helical antenna for mobile communications" (analyse de l'antenne hélice quadrifilaire résonnante pour les communications

avec les mobiles), par A. Sharaiha et C. Terret (IEE - Proceedings H, vol. 140, n° 4, août 1993).

Selon ce mode de réalisation, les brins rayonnants sont imprimés sur un substrat diélectrique de faible épaisseur, puis enroulés sur un support cylindrique transparent du point de vue radioélectrique. Les quatre brins de l'hélice sont ouverts ou court-circuités à une extrémité et connectés électriquement à l'autre extrémité.

Cette antenne nécessite un circuit d'alimentation, qui assure l'excitation des différents brins d'antenne par des signaux de même amplitude en quadrature de phase. Cette fonction peut être réalisée à partir de structures de coupleurs 3dB -90° et d'un anneau hybride. L'ensemble peut être réalisé en circuit imprimé et placé à la base des antennes. On obtient ainsi une alimentation simple mais encombrante.

Comme mentionné plus haut, il est souhaitable que l'antenne (incluant son alimentation) soit de taille et de poids les plus réduits possible, et qu'elle ait un coût le plus faible possible.

Plusieurs approches visant à réduire les dimensions de l'antenne et de son système d'alimentation ont été proposées. On peut notamment citer, à titres d'exemples, les solutions présentées :

- dans le document de brevet FR-96 03698, au nom de France Telecom (antenne hélice à alimentation large bande intégrée) ;
- dans le document de brevet FR-0011830, au nom de France Telecom (antenne hélicoïdale à pas variable) ;
- dans le document de brevet FR- 0011843, au nom de France Telecom (antenne hélicoïdale à brins de largeur variable) ; et
- dans l'article de B. Desplanches, A. Sharaiha et C. Terret intitulé « Parametrical study of printed quadrifilar helical antennas with central dielectric rods » (Microwave and Opt. Technol. Letters, Vol. 20, N° 4, February 20, 1999).

Néanmoins, ces antennes n'offrent pas une très grande largeur de bande.

On connaît également dans l'état de la technique des antennes à hélice à éléments rayonnants repliés illustrées respectivement dans un document de brevet US-6,229,499 de la société XM Satellite Radio (marque déposée) et dans un document de brevet US-6,278,414 de la société Qualcomm (marque déposée). Ces antennes possèdent des éléments rayonnants qui sont en partie repliés sur eux-mêmes permettant, ainsi, de réduire leur hauteur. Néanmoins, ces antennes présentent l'inconvénient d'être à bande étroite.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces divers inconvénients de l'état de la technique.

10 Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une antenne hélicoïdale résonante présentant une large bande passante, pouvant couvrir, par exemple, la bande d'émission et la bande de réception d'un système de communication.

15 Notamment, un objectif de l'invention est de fournir une telle antenne hélicoïdale présentant une largeur de bande importante (supérieure à celle obtenue selon l'art antérieur) dans chaque sous-bande, lorsque deux sous-bandes sont prévues.

20 Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle antenne dont les dimensions, les performances et le coût de revient sont acceptables pour des terminaux portables de systèmes cellulaires terrestres.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une antenne de taille réduite tout en ayant un fonctionnement en large bande.

Un objectif de l'invention est également de fournir une antenne relativement simple à fabriquer, et par conséquent de faible coût.

25 Encore un autre objectif de l'invention est de fournir une alternative technique aux solutions de l'art antérieur.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne hélicoïdale comprenant au moins une hélice formée d'au moins deux brins rayonnants, au moins un des brins rayonnants

étant associé à un brin parasite de largeur inférieure ou égale au ou aux brins rayonnants de façon à élargir la bande passante de l'antenne.

Préférentiellement, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que chacun des brins parasites est relié à la masse.

5 Ainsi, on optimise le fonctionnement de l'antenne et notamment des brins parasites.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que les brins rayonnants et les brins parasites sont imprimés sur un substrat.

10 De cette manière, l'antenne hélicoïdale peut être réalisée selon un mode de fabrication à la fois simple, efficace et à faible coût.

Selon une caractéristique préférentielle, l'antenne est remarquable en ce que chacun des brins rayonnants est associé à un brin parasite de largeur inférieure ou égale au brin rayonnant.

15 Ainsi, on obtient un comportement selfique (correspondant à un brin rayonnant et notamment à sa longueur) associé à un comportement capacitif global (correspondant à l'association d'un brin rayonnant et d'un brin parasite et dépendant de la distance entre ces deux brins et du rapport entre leur largeur), le brin parasite étant préférentiellement de faible largeur.

20 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que le rapport entre la largeur de chacun des brins parasites et la largeur du brin rayonnant associé est inférieur ou égal à 0,15.

Ainsi, les performances de l'antenne sont optimales notamment dans les bandes voisines de 1 GHz.

25 Préférentiellement, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que chacun des brins parasites est positionné par rapport au brin rayonnant associé de façon à optimiser le couplage entre le brin parasite et le brin rayonnant associé.

Ainsi, un brin parasite et le brin rayonnant associé sont positionnés de façon à optimiser la bande passante, un optimum de couplage étant, s'il existe,
30 dépendant de la distance les séparant.

Ainsi, l'antenne possède une meilleure adaptation.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que chacun des brins parasites est plus éloigné du brin rayonnant associé que de l'un au moins des autres brins rayonnants.

5 En effet, une optimisation du couplage entre le brin parasite et le brin rayonnant associé est souvent obtenue en éloignant le brin parasite du brin rayonnant associé ; ainsi, plus le brin parasite et le brin rayonnant associé sont éloignés, plus la bande de rayonnement de l'antenne est large.

10 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que chacun des brins parasites est parallèle au brin rayonnant auquel il est associé.

Ici, lorsqu'un brin parasite et le brin rayonnant associé sont rectilignes et de largeur constante ou variable, les deux brins sont parallèles si leurs lignes médianes longitudinales sont parallèles.

15 Ici, lorsqu'un brin parasite et/ou le brin rayonnant associé forment une ligne brisée, les deux brins sont considérés comme parallèles si l'une des trois conditions suivantes est respectée :

- leur lignes médianes longitudinales sont parallèles ; ou
- leur lignes tangentes extérieures et/ou intérieures suivant le sens de la
- 20 longueur sont parallèles ; ou
- chacun des segments formant le brin parasite est parallèle à un segment associé du brin rayonnant.

Ainsi, chacun des brins parasites et des brins rayonnants associés présentent un effet capacitif.

25 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que chacun des brins parasites présente sensiblement la même longueur que le brin rayonnant auquel il est associé.

Ainsi, l'antenne est relativement simple à réaliser (et notamment plus simple que si la liaison à la masse à une extrémité du brin parasite se faisait, par

30 exemple, au milieu du cylindre).

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que l'une des extrémités de chacun des brins rayonnants est reliée par une liaison conductrice à l'une des extrémités du brin rayonnant auquel le brin parasite est associé.

- 5 Ainsi, les brins parasites et les brins rayonnants associés peuvent être gravés sur un même côté de substrat, l'autre côté du substrat étant alors disponible pour une autre utilisation (par exemple, pour la gravure de brins supplémentaires ou d'une autre antenne hélice).

- 10 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que l'une des extrémités de chacun des brins rayonnants est reliée par couplage à l'une des extrémités du brin rayonnant auquel le brin parasite est associé.

- 15 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que les brins rayonnants sont imprimés sur une première face d'un substrat et en ce que les brins parasites sont imprimés sur une deuxième face du substrat.

- 20 Ainsi, la fabrication de l'antenne est simplifiée puisque l'alimentation (reliée notamment à un brin rayonnant) et la masse (reliée notamment à un brin parasite) ne sont pas nécessairement présents sur le même côté du substrat. Des trous métallisés permettant le passage de la masse du côté de l'alimentation ne sont donc pas indispensables.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce qu'au moins un brin parasite et un brin rayonnant voisin du brin rayonnant auquel le brin parasite est associé se chevauchent.

- 25 Ainsi, la distance entre un brin parasite et le brin rayonnant associé est plus grande que celle séparant deux brins rayonnants voisins. Cela permet notamment d'obtenir plus de marge pour le réglage du couplage entre un brin parasite et le brin rayonnant associé et donc de trouver plus facilement un optimum pour améliorer la bande passante.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que l'extrémité des brins rayonnants non reliée à un brin parasite est connectée à une ligne d'attaque d'un circuit d'alimentation.

Ainsi, le fonctionnement de l'antenne est optimisé.

- 5 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce qu'au moins une des hélices est une hélice quadrifilaire, comprenant quatre brins.

De cette façon, on obtient une bonne pureté de polarisation circulaire.

- 10 En outre, pour certains cas, l'ouverture de l'antenne est très large, le diagramme de rayonnement étant quasi hémisphérique.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que les brins rayonnants formant une hélice présentent tous les mêmes dimensions et en ce que les brins parasites présentent tous les mêmes dimensions.

- 15 Ainsi, on obtient une meilleure polarisation circulaire, la symétrie des brins étant bonne. De plus, les brins possèdent une même distribution de courant déphasée de 90° .

- 20 Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce qu'au moins un des brins rayonnants et/ou parasites est formé d'au moins deux segments, les angles d'enroulement d'au moins deux des segments étant différents et déterminés de façon aléatoire ou pseudo-aléatoire à l'aide de moyens d'optimisation globale.

- 25 Ainsi, la ligne formée par chacun des brins rayonnant et/ou parasites est brisée ce qui permet de réduire la taille de l'antenne tout en conservant de bonnes performances.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce qu'au moins un des brins rayonnants et/ou parasites présente une largeur variable, variant de façon régulière et monotone entre une largeur maximale et une largeur minimale.

De cette manière, l'adaptation de l'antenne est simplifiée, un paramètre supplémentaire de réglage étant disponible pour cette adaptation.

Selon une caractéristique particulière, l'antenne hélicoïdale est remarquable en ce que les brins rayonnants présentent une longueur sensiblement
5 différente d'un multiple de la longueur d'onde correspondant à la fréquence moyenne de la bande d'émission de l'antenne, divisée par 4.

Ainsi, on peut jouer sur l'ouverture de l'antenne contrairement aux antennes connues du type dipôles avec brin parasite, qui ont une longueur multiple de $\lambda/4$ où λ représente la longueur d'onde d'émission de l'antenne.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

- 15 - Les figures 1 et 2 illustrent une antenne hélice quadrilifaire de type connu, à brins classiques de largeur constante, respectivement lorsque l'hélice est développée (figure 1) et lorsqu'elle est enroulée sur un support cylindrique (figure 2) ;
- La figure 3 est un exemple d'hélice selon l'invention, sous sa forme développée ;
- 20 - La figure 4 présente une vue de face de l'hélice de la figure 3, enroulée sur son support cylindrique ;
- La figure 5 illustre un exemple de ROS mesuré à l'entrée d'un brin pour une antenne selon l'invention ;
- La figure 6 est une abaque de Smith représentant l'impédance d'entrée
25 d'une antenne selon l'invention ;
- Les figures 7a et 7b illustrent une variante de l'invention selon laquelle des brins rayonnants et des brins parasites associés sont couplés en étant imprimés sur deux faces opposées d'un substrat ;

- La figure 8 présente un exemple d'antenne selon une variante de l'invention selon laquelle des brins rayonnants sont de largeur variable ; et
- Les figures 9a et 9b montrent un exemple d'antenne selon une autre variante de l'invention présentant des brins rayonnants formant une ligne brisée.

Les figures 1 et 2 présentent une antenne hélice quadrilifaire classique, telle que déjà discutée en préambule. Elle comprend quatre brins 11_1 à 11_4 de longueur $L2$ et de largeur d . Ces brins rayonnants sont imprimés sur un substrat diélectrique 12 de faible épaisseur enroulé ensuite sur un support cylindrique 13 transparent du point de vue radioélectrique, de rayon r , de circonférence c et de longueur axiale $L1$, et α étant l'angle d'enroulement.

Classiquement, l'antenne nécessite un circuit d'alimentation qui assure l'excitation des différents brins par des signaux de même amplitude et en quadrature de phase. Cette fonction peut être obtenue à partir de structures de coupleurs 3dB -90° et d'un anneau hybride, réalisée en circuit imprimé et placé à la base des antennes.

La figure 3 présente un exemple d'hélice 30 selon l'invention, sous sa forme développée. L'antenne HQI 30 comporte donc 4 brins rayonnants conducteurs 31_1 à 31_4 régulièrement espacés, imprimés sur un substrat 32 et de largeur égale à W_a . Les quatre brins 31_1 à 31_4 sont repliés sur eux mêmes à l'une de leur extrémité respectivement 36_1 à 36_4 en formant chacun un brin parasite respectivement 34_1 à 34_4 et connectés à l'autre extrémité aux lignes d'attaque du circuit d'alimentation 33.

Les brins parasites 34_1 à 34_4 ont une largeur W_{br} inférieure à la largeur, W_a , des brins rayonnants afin de garantir un fonctionnement en large bande de l'antenne. Les brins parasites 34_1 à 34_4 sont connectés à la masse 35 à l'extrémité opposée à l'extrémité respectivement 36_1 à 36_4 . Dans le mode de réalisation décrit en regard de la figure 3, la largeur, W_{br} , des brins parasites et la largeur, W_a , des brins rayonnants sont constantes.

L'antenne 30 est ensuite enroulée sur un support cylindrique, comme illustrée sur la figure 4, qui présente une vue de face de l'antenne enroulée sur son support cylindrique.

On décrit maintenant en détail un mode de réalisation particulier de l'invention. Bien entendu, il ne s'agit que d'un simple exemple, et de nombreuses variantes et adaptations sont possibles, en fonction des besoins et des applications.

L'antenne réalisée et illustrée en regard des figures 3 et 4 présente les caractéristiques suivantes :

- Longueur des brins : $0,83\lambda$ où λ représente la longueur d'onde correspondant à la fréquence moyenne de la bande d'émission (cette longueur ayant été choisie pour optimiser l'ouverture de l'antenne) ;
- Diamètre : $0,18\lambda$;
- Distance d : 9 mm ;
- Largeur W_{br} : 1,95 mm
- Rapport des largeurs de brin W_a/W_{br} : 8.
- Angle d'enroulement, α : 50° .

Généralement, la bande de l'antenne s'élargit lorsque la distance d augmente. Préférentiellement, le brin parasite est donc proche du brin rayonnant voisin.

D'une manière générale, il existe un optimum de bande passante en fonction de la distance entre un brin parasite et le brin rayonnant associé.

La figure 5 permet de visualiser le ROS 52 mesuré en fonction de la fréquence 50 (exprimé en GHz sur la figure) mesurée à l'entrée d'un brin rayonnant pour l'antenne 30 illustrée en regard des figures 3 et 4, les autres étant chargés sous 50Ω .

Les antennes sont mesurées à la fréquence centrale $F1$ égale à 1.5 GHz.

On constate que pour l'antenne HQI à brin replié selon l'invention, on obtient une adaptation de l'antenne HQI inférieure à -10dB sur l'intervalle allant de 1,27GHz à 1,65 GHz, soit une bande passante qui atteint 26%. Ainsi, l'antenne HQI présente une augmentation significative de la bande passante. On passe en

effet d'une bande passante de l'ordre 6 à 8 % pour une antenne HQI conventionnelle à une bande passante de l'ordre de 26% pour une antenne telle qu'illustrée en regard des figures 3 et 4.

5 Ainsi, l'antenne hélice quadrifilaire imprimée repliée dont chaque brin parasite est relié à la masse permet l'émission et/ou la réception dans une large bande passante ou dans deux sous-bandes différentes possédant chacune une large bande passante.

10 La technique de l'invention donne donc une augmentation non négligeable de la bande passante. On obtient ainsi une antenne hélice quadrifilaire imprimée fonctionnant dans une large bande passante et/ou dans deux sous-bandes différentes ayant chacune une large bande passante, et dont la hauteur est réduite. L'antenne hélice quadrifilaire imprimée repliée avec des brins parasites reliés à la masse permet donc une augmentation de la bande passante de l'antenne sans réduction des longueurs de brins.

15 La figure 6 est une abaque de Smith représentant l'impédance 60 d'entrée d'une antenne selon l'invention normalisée à 50 Ohms.

Une boucle 61 sur la courbe 60 est issue du couplage et donne la large bande puisque présente à l'intérieur d'un cercle 62 correspondant à un ROS inférieur ou égal à 2.

20 La figure 7a présente un exemple d'hélice 70 selon une variante de l'invention, sous sa forme développée. L'antenne HQI 70 comporte donc 4 brins rayonnants conducteurs 71_1 à 71_4 régulièrement espacés, imprimés sur une première face du substrat 72 et de largeur égale à W_a . Les quatre brins 71_1 à 71_4 sont connectés à l'une de leur extrémité aux lignes d'attaque du circuit d'alimentation 73.

25 Des brins parasites 74_1 à 74_4 (représentés en pointillés) sont imprimés parallèlement aux brins rayonnants sur une seconde face du substrat 72 opposée à la première face. Les brins parasites 74_1 à 74_4 sont connectés à la masse 75 à l'une de leur extrémité respectivement 71_1 à 71_4 .

Chacun des brins parasites 74_1 à 74_4 est couplé par son extrémité respectivement 75_1 à 75_4 non reliée à la masse 75, à l'extrémité non reliée à l'alimentation du brin respectivement 71_1 à 71_4 auquel il est associé. Les brins parasites 74_1 à 74_4 ont une largeur W_{br} inférieure ou égale et, préférentiellement très inférieure (dans un rapport W_{br}/W_a inférieur à 0,15), à la largeur, W_a , des brins rayonnants afin de garantir un fonctionnement en large bande de l'antenne. Dans le mode de réalisation décrit en regard des figures 7a et 7b, la largeur, W_{br} , des brins parasites et la largeur, W_a , des brins rayonnants sont constantes.

Ici, la distance séparant un brin parasite et le brin rayonnant associé n'est pas limitée par la distance séparant deux brins rayonnants. Ainsi, la distance entre un brin parasite et le brin rayonnant peut être supérieure à la distance séparant deux brins rayonnants. Le couplage entre un brin parasite et le brin rayonnant associé et donc la bande passante peuvent être alors améliorés. On possède alors plus de possibilités dans la recherche de couplage optimum.

La figure 7b illustre en détail l'extrémité 75_1 du brin rayonnant 71_1 couplée au brin parasite 74_1 . D'une manière générale, chacun des brins parasites et le brin rayonnant associé se chevauchent de part et d'autre du substrat 72 sur une distance E comprise entre 0 et la distance d séparant le brin parasite du brin rayonnant associé.

Les autres caractéristiques de l'antenne 70 (enroulement autour d'un support cylindrique, dimensions des brins et de l'antenne...) étant similaires à celle de l'antenne 30 des figures 3 et 4, elles ne seront pas décrites davantage.

La figure 8 présente un exemple d'antenne 80 selon une variante de l'invention selon laquelle des brins rayonnants 81_1 à 81_4 sont de largeur variable.

Chacun des brins rayonnants 81_1 à 81_4 est relié par l'une de ses extrémités à un brin parasite 84_1 à 84_4 .

Ce mode de réalisation a notamment pour objectif d'obtenir une antenne HQI 80 permettant d'élargir encore plus la bande passante et/ou de permettre une meilleure adaptation de l'antenne 80 (la variation de la largeur de la bande étant un paramètre supplémentaire utilisable pour l'adaptation). Ceci est obtenu en

faisant varier la largeur des brins rayonnants le long de l'hélice. Ainsi, les extrémités des brins rayonnants ont respectivement une largeur W_{a1} et W_{a2} différente. La variation de la largeur peut être :

- régulière suivant une loi linéaire, exponentielle, double exponentielle, en escalier...ou
- non régulière.

Préférentiellement, la largeur des brins parasites est constante et chacun des brins parasites est parallèle à une ligne médiane longitudinale du brin rayonnant associé (illustrée, par exemple, par la ligne 87 correspondant au brin 81₁).

A titre illustratif, chacun des brins rayonnant de l'antenne 80 présente une largeur minimale W_{a1} égale à 2mm et une largeur maximale W_{a2} égale à 16 mm.

A l'exception de la largeur des brins rayonnants, les caractéristiques de l'antenne 80 étant similaires à celles de l'antenne 30 illustrée en regard des figures 3 et 4, elles ne seront pas décrites davantage.

Selon une variante de l'invention non illustrée, les brins parasites d'une antenne hélicoïdale sont couplés et non reliés directement à des brins rayonnants de largeur variable, similaires aux brins 81₁ à 81₄ de l'antenne 80 (selon un couplage similaire à celui des brins rayonnants et parasites de l'antenne 70).

Selon une autre variante de l'invention, la largeur des brins parasites est variable, les lignes médianes longitudinales de chacun des brins parasites et du brin rayonnant associé sont parallèles.

Selon encore une autre variante non représentée, les brins parasites sont parallèles à l'un des cotés des brins rayonnants. Un brin parasite parallèle à un brin rayonnant adjacent permet, notamment, d'éloigner ce brin parasite du brin rayonnant associé tout en le rapprochant du brin adjacent augmentant ainsi l'effet capacitif et la bande passante de l'antenne.

D'une manière générale, les brins parasites et les brins rayonnants sont reliés par un seul point de liaison.

La figure 9a montre un exemple d'antenne 90 selon une autre variante de l'invention présentant des brins rayonnants 91_1 à 91_4 formant une ligne brisée.

Chacun des brins rayonnants 91_1 à 91_4 est reliés par l'une de ses extrémités à un brin parasite 94_1 à 94_4 .

5 Chaque brin rayonnant 91_1 à 91_4 (ou au moins certains) de l'antenne HQI est décomposé en un nombre limité de segments. D'après les expressions mathématiques liant les paramètres géométriques d'une antenne hélice, on constate qu'une modification de l'angle d'enroulement influe sur le pas de l'antenne, donc sur la longueur axiale.

10 Ainsi il est possible de donner un angle d'enroulement différent pour chaque segment. La hauteur peut ainsi s'en trouver réduite. Instaurer des angles d'enroulement différents peut être assimilé à un changement du pas de l'antenne.

15 Cependant, l'angle d'enroulement α est aussi un paramètre influant sur le diagramme de rayonnement d'une antenne HQI (angle d'ouverture à 3dB, rapport d'ellipticité). C'est pourquoi, pour choisir les différents angles α adéquats, un programme d'optimisation globale tel que le recuit simulé ou l'algorithme génétique peut être utilisé.

20 La synthèse est effectuée sur les diagrammes de rayonnement en polarisation principale et croisée en introduisant un gabarit défini par les niveaux d'amplitude et les angles d'ouverture -3dB voulus.

25 La mise en place de ce gabarit permet de contrôler parfaitement les angles d'ouverture à -3dB, ainsi que la réjection de la polarisation inverse donc le rapport d'ellipticité. Les variables à optimiser sont les différents angles d'enroulement des brins de l'antenne HQI. L'algorithme donnera les angles α_i optimum.

Chacune des brins rayonnant 91_1 à 91_4 de l'antenne 90 présenté en regard de la figure 9a est divisé par exemple en huit segments de longueur, L , identique. Les angles d'enroulement correspondant à chacun des huit segments des brins rayonnant de l'antenne 90 sont les suivants :

30 - $\alpha_1 = 30^\circ$;

- $\alpha_2 = 33^\circ$;
- $\alpha_3 = 55^\circ$;
- $\alpha_4 = 34^\circ$;
- $\alpha_5 = 65^\circ$;
- 5 - $\alpha_6 = 68^\circ$;
- $\alpha_7 = 54^\circ$; et
- $\alpha_8 = 33^\circ$.

Les brins rayonnant 91_1 et parasite 94_1 et en particulier les segments qui composent le brin rayonnant 91_1 sont illustrés plus en détail en regard de la figure 9b.

On obtient ainsi une antenne HQI 90 à pas variable aléatoire avec des dimensions réduites.

Bien entendu, en fonction des besoins des contraintes différentes peuvent être prises en compte lors de l'optimisation.

15 Ainsi une modification des angles d'enroulement permet d'une part de diminuer la longueur axiale de l'antenne HQI et d'autre part d'obtenir le rapport d'ellipticité et la couverture souhaités.

20 Selon la figure 9b, le brin parasite 94_1 est parallèle à une tangente 97 intérieure (c'est-à-dire située entre le brin rayonnant 91_1 et le brin parasite associé 94_1) du brin rayonnant 91_1 .

Selon une variante non illustrée, un ou plusieurs brins parasites sont parallèles à une tangente extérieure (c'est-à-dire située du côté opposé au brin parasite) du brin rayonnant associé (ce qui permet de rapprocher le brin parasite d'un brin adjacent voisin) ou à une ligne médiane du brin rayonnant associé.

25 Selon une autre variante non illustrée, un ou plusieurs brins parasites forment une ligne brisée. Préférentiellement, chacun de ces brins parasites comporte le même nombre de segments que le brin rayonnant associé et chacun des segments du brin parasite a la même longueur et est parallèle à un segment correspondant sur le brin rayonnant associé (ainsi, outre une largeur différente, le

brin parasite et le brin rayonnant associé ont la même forme), ce qui permet de positionner un brin parasite très près d'un brin adjacent rayonnant.

Selon encore une autre variante de l'invention non illustrée, les brins parasites d'une antenne hélicoïdale sont reliés par couplage (et non directement) à
5 des brins rayonnants formant une ligne brisée de façon similaire à la liaison par couplage présentée en regard des figures 7a et 7b.

De nombreuses variantes des modes de réalisation illustrés en regard des figures 3 à 9 sont envisageables.

En particulier, il convient de rappeler que la largeur des brins parasites
10 peut prendre une valeur quelconque inférieure à celle d'un brin rayonnant associé et préférentiellement de l'ordre du huitième de celle d'un brin rayonnant associé.

Par ailleurs, bien que l'invention peut s'appliquer à tout type d'antenne en hélice, et non uniquement aux antennes quadrilifaires.

On peut également envisager que les brins ne présentent pas tous des
15 dimensions identiques.

Selon le mode de réalisation décrit, l'antenne est imprimée à plat, ensuite enroulée sur un support pour former l'antenne. Selon un autre mode de réalisation encore plus rapide, le substrat destiné à recevoir les éléments imprimés peut être réalisé directement dans sa forme cylindrique définitive. Dans ce cas, l'impression
20 des brins et de la structure d'alimentation est effectuée directement sur le cylindre.

Par ailleurs, il est à noter que, bien qu'elle soit utilisable à l'unité, l'antenne de l'invention se prête également à la réalisation de réseaux d'antennes.

Il est également possible de montrer coaxialement et concentriquement deux (ou plus) antennes de ce type.

Enfin, la technique de l'invention est compatible avec des techniques
25 visant à réduire la taille de l'antenne, telle que notamment celle proposée dans la demande de brevet dans le document de brevet FR-0011830, au nom de France Telecom (antenne hélicoïdale à pas variable) ou à augmenter la largeur de bande, par exemple, selon une technique proposée dans le document de brevet
30 FR-0011843, au nom de France Telecom (antenne hélicoïdale à brins de largeur

variable). Dans ces différents cas, la présence de pas variable et/ou la variation de largeur peut être appliquée sur tous les brins, ou sélectivement sur certains d'entre eux.

REVENDICATIONS

1. Antenne hélicoïdale (30, 70, 80, 90) comprenant au moins une hélice formée d'au moins deux brins rayonnants (31, 71, 81, 91),
5 caractérisée en ce qu'au moins un desdits brins rayonnants est associé à un brin parasite (34, 74, 84, 94) de largeur (W_{br}) inférieure ou égale audit ou auxdits brins rayonnants (W_a) de façon à élargir la bande passante de ladite antenne.
2. Antenne hélicoïdale selon la revendication 1, caractérisée en ce que chacun desdits brins parasites est relié à la masse (35, 75, 85, 95).
- 10 3. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que lesdits brins rayonnants et lesdits brins parasites sont imprimés sur un substrat (32, 72, 82, 92).
4. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que chacun desdits brins rayonnants est associé à un brin
15 parasite de largeur inférieure ou égale audit brin rayonnant.
5. Antenne hélicoïdale selon la revendication 4, caractérisée en ce que le rapport (W_{br}/W_a) entre la largeur de chacun desdits brins parasites et la largeur dudit brin rayonnant associé est inférieur ou égal à 0,15 .
6. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 5,
20 caractérisée en ce que chacun desdits brins parasites est positionné par rapport audit brin rayonnant associé de façon à optimiser le couplage entre ledit brin parasite et ledit brin rayonnant associé.
7. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que chacun desdits brins parasites est plus éloigné dudit brin
25 rayonnant associé que de l'un au moins desdits autres brins rayonnants.
8. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que chacun desdits brins parasites est parallèle au brin rayonnant auquel il est associé.

9. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que chacun desdits brins parasites présente sensiblement la même longueur (Le, Le') que le brin rayonnant auquel il est associé.
- 5 10. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'une des extrémités de chacun desdits brins rayonnants est reliée par une liaison conductrice (36, 86, 96) à l'une des extrémités dudit brin rayonnant auquel ledit brin parasite est associé.
- 10 11. Antenne hélicoïdale (70) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'une des extrémités (75) de chacun desdits brins rayonnants est reliée par couplage à l'une des extrémités dudit brin rayonnant auquel ledit brin parasite est associé.
12. Antenne hélicoïdale selon la revendication 11, caractérisée en ce que lesdits brins rayonnants sont imprimés sur une première face d'un substrat et en ce que lesdits brins parasites sont imprimés sur une deuxième face dudit substrat.
- 15 13. Antenne hélicoïdale selon la revendication 12, caractérisée en ce qu'au moins un brin parasite et un brin rayonnant voisin dudit brin rayonnant auquel ledit brin parasite est associé se chevauchent.
- 20 14. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisée en ce que l'extrémité desdits brins rayonnants non reliée à un brin parasite est connectée à une ligne d'attaque d'un circuit d'alimentation (33, 73, 83, 93).
15. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 caractérisée en ce qu'au moins une des desdites hélices est une hélice quadrifilaire, comprenant quatre brins.
- 25 16. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que lesdits brins rayonnants formant une hélice présentent tous les mêmes dimensions et en ce que lesdits brins parasites présentent tous les mêmes dimensions.
- 30 17. Antenne hélicoïdale (90) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisée en ce qu'au moins un desdits brins rayonnants et/ou parasites est

formé d'au moins deux segments, les angles d'enroulement ($\alpha_1 \dots \alpha_n$) d'au moins deux desdits segments étant différents et déterminés de façon aléatoire ou pseudo-aléatoire à l'aide de moyens d'optimisation globale.

- 5 18. Antenne hélicoïdale (80) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisée en ce qu'au moins un desdits brins rayonnants et/ou parasites présente une largeur variable, variant de façon régulière et monotone entre une largeur maximale (W_{a2}) et une largeur minimale (W_{a1}).
- 10 19. Antenne hélicoïdale selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisée en ce que lesdits brins rayonnants présentent une longueur (L_e , L_e') sensiblement différente d'un multiple de la longueur d'onde correspondant à la fréquence moyenne de la bande d'émission de ladite antenne, divisée par 4 ($\lambda/4$).

ETAT DE L'ART

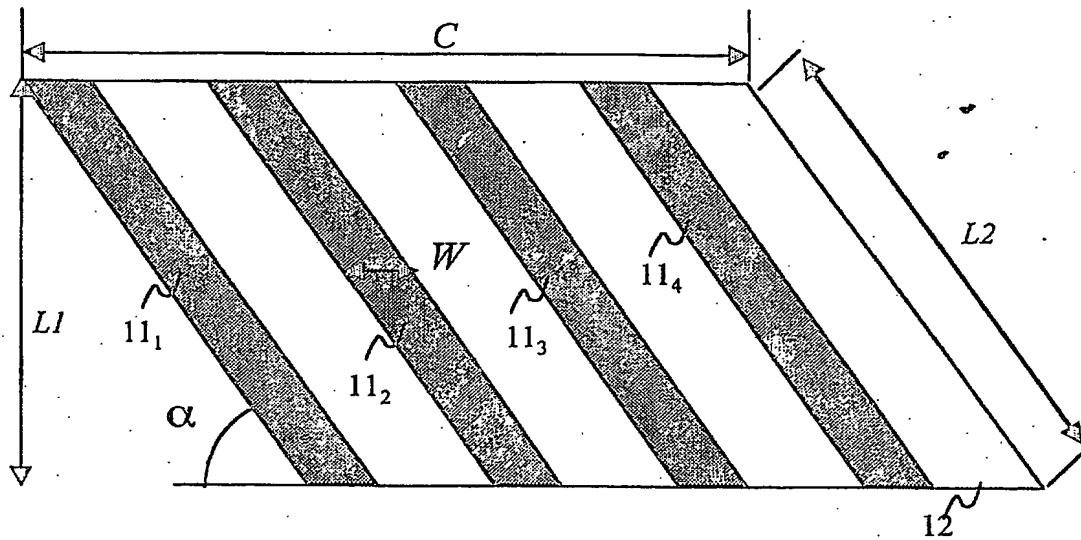


Fig. 1

ETAT DE L'ART

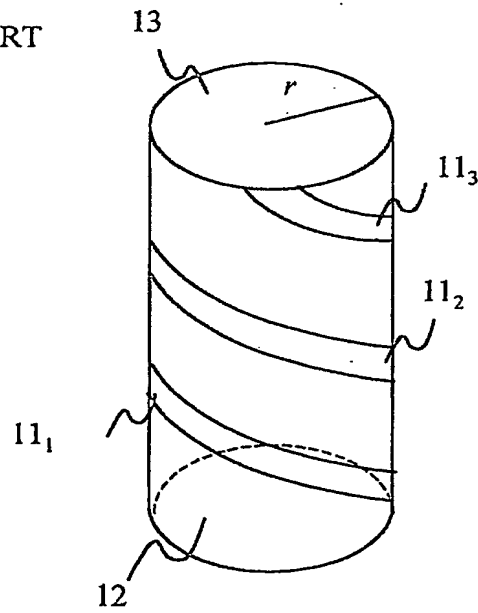


Fig. 2

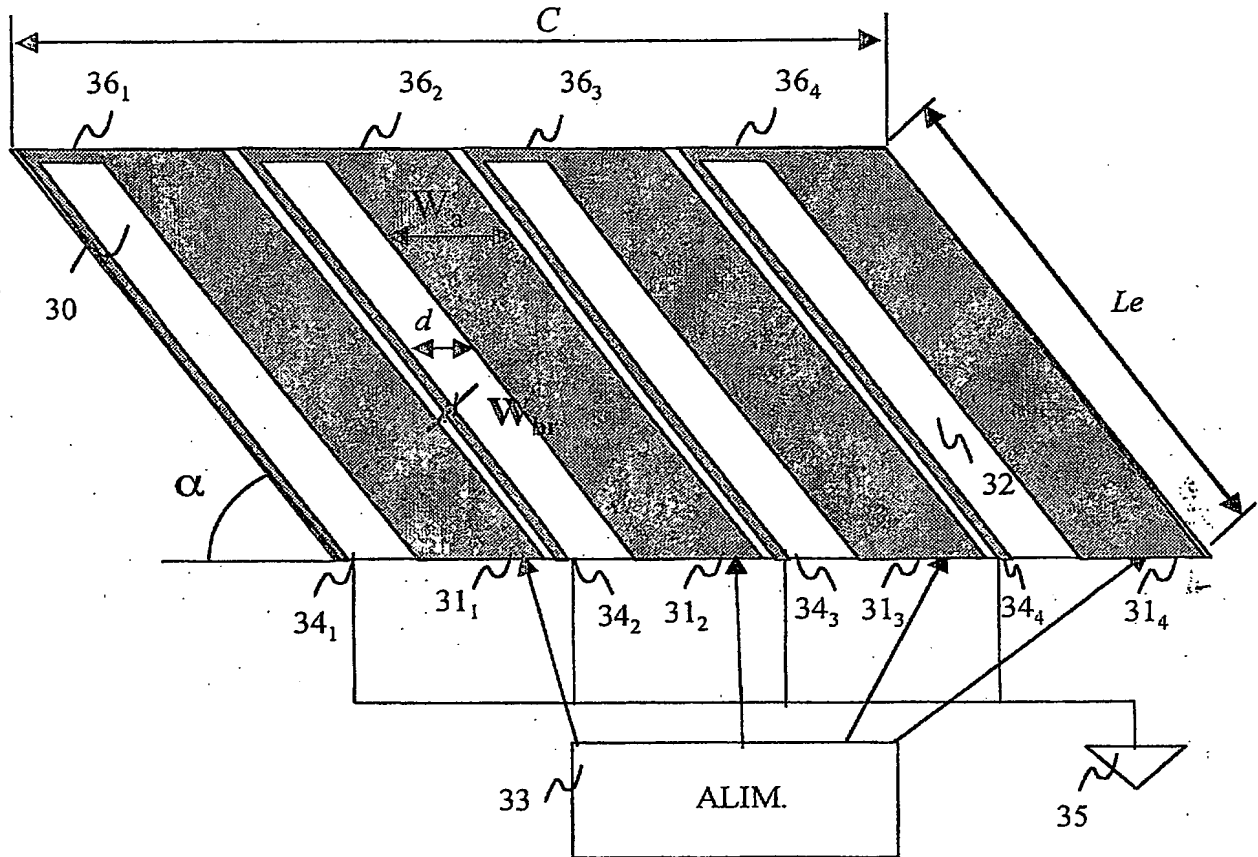


Fig. 3

3/8

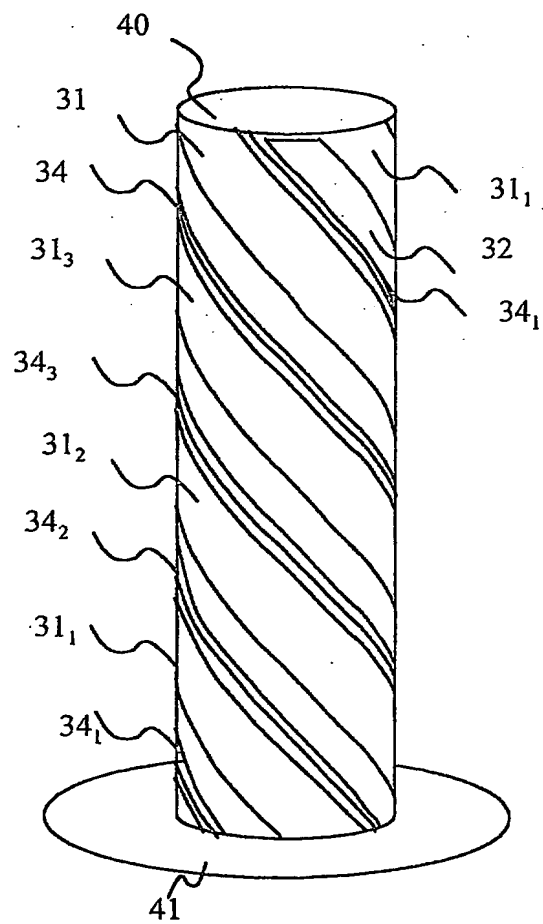


Fig. 4

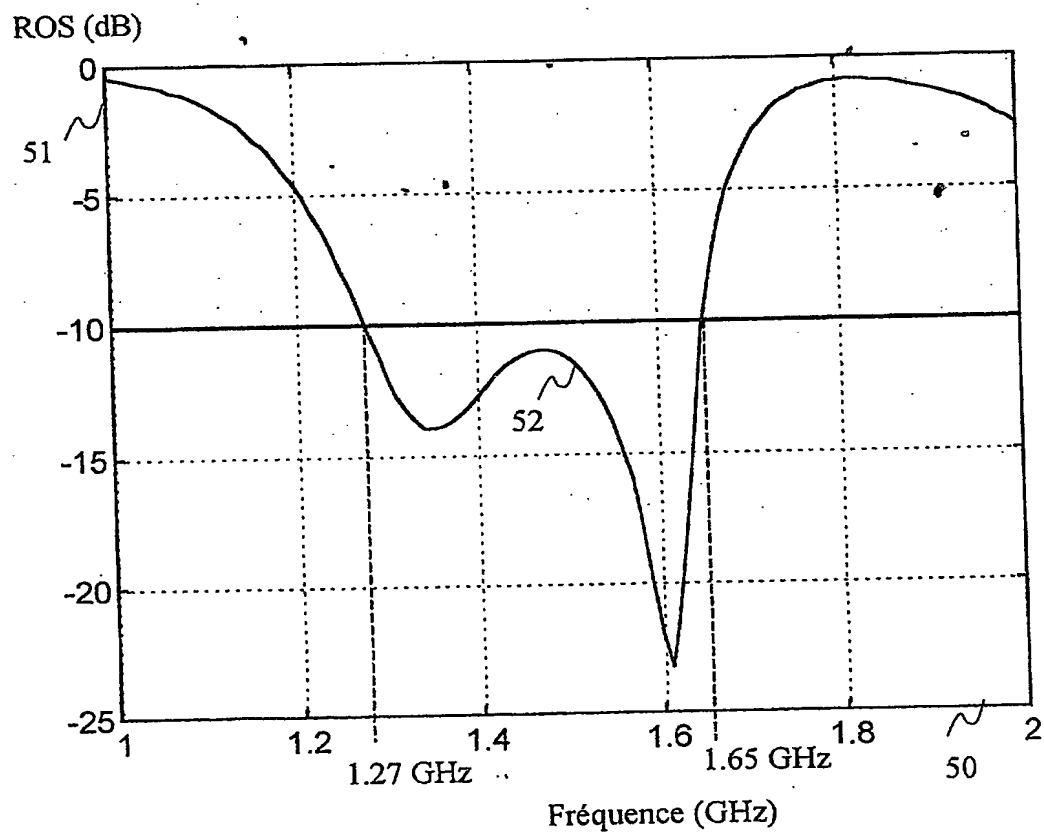


Fig. 5

5/8

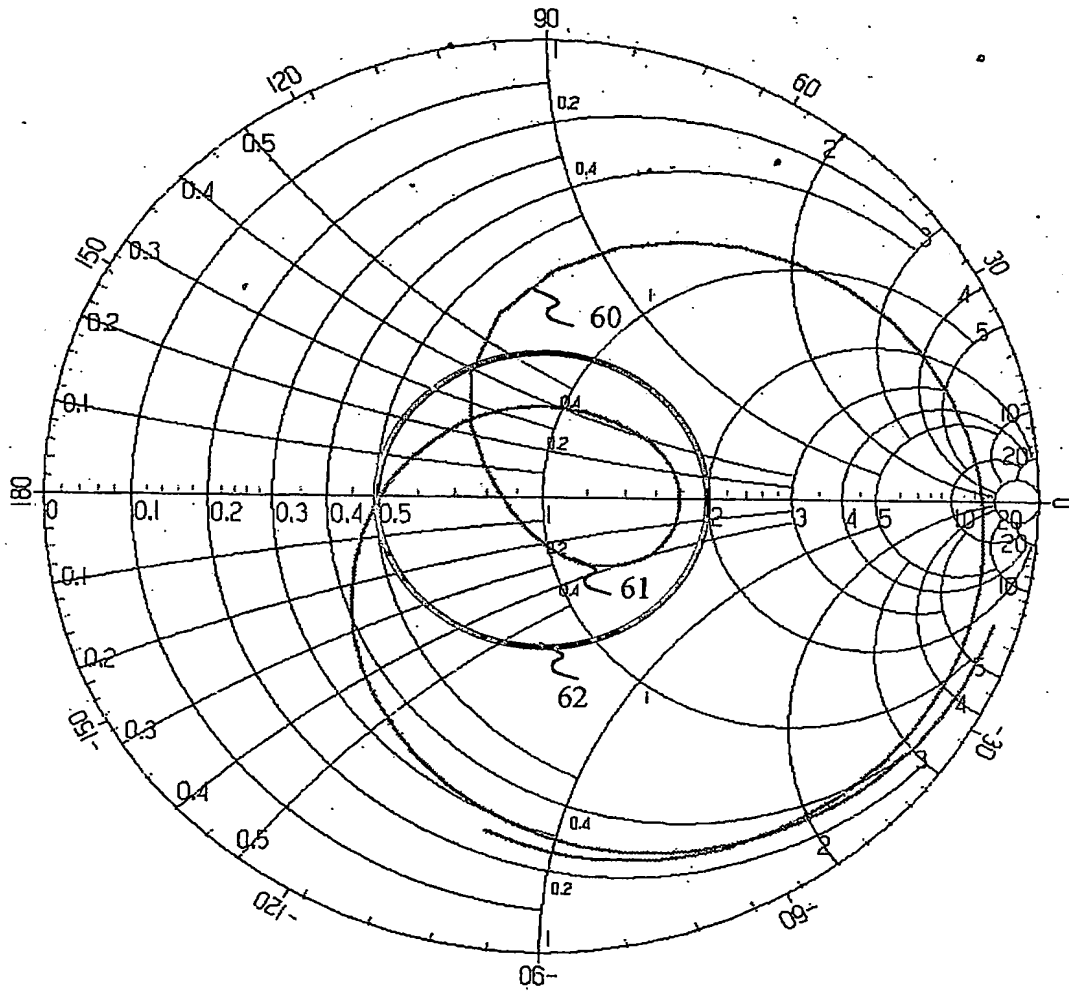


Fig. 6

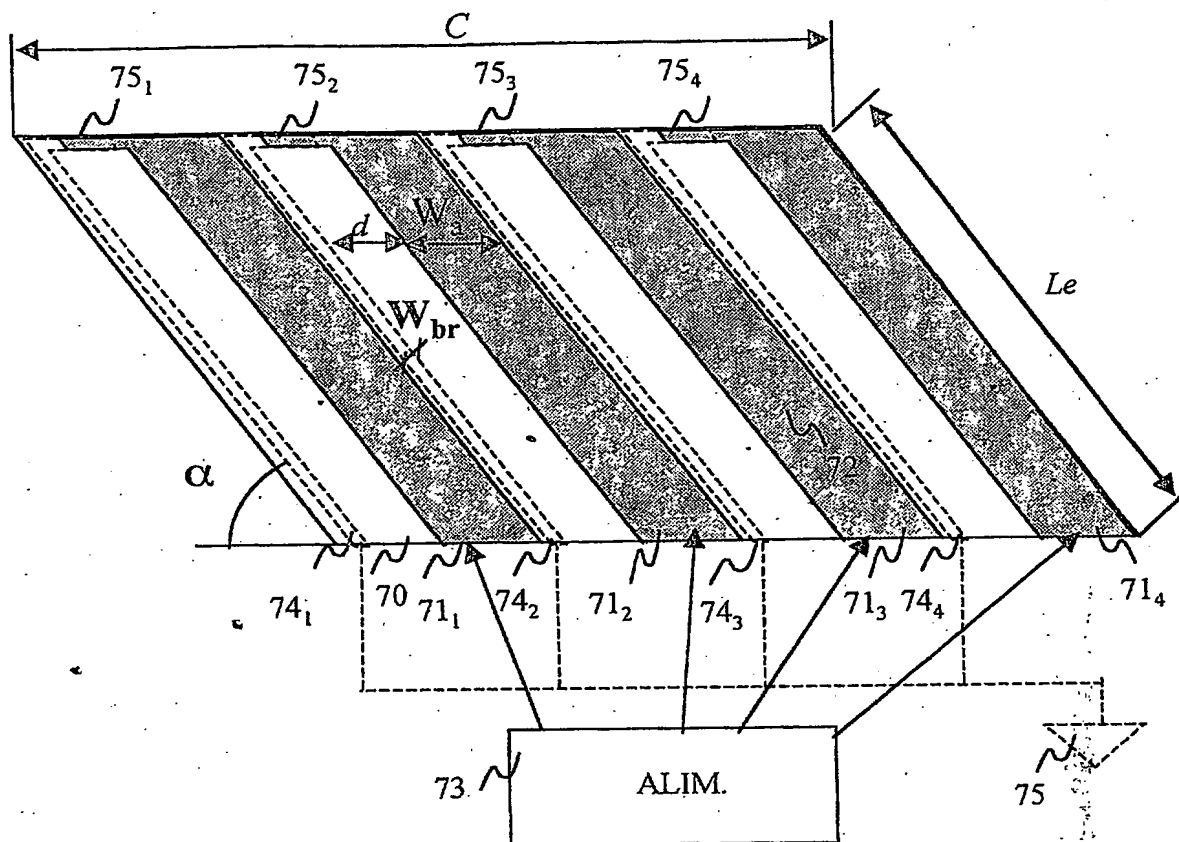


Fig. 7a

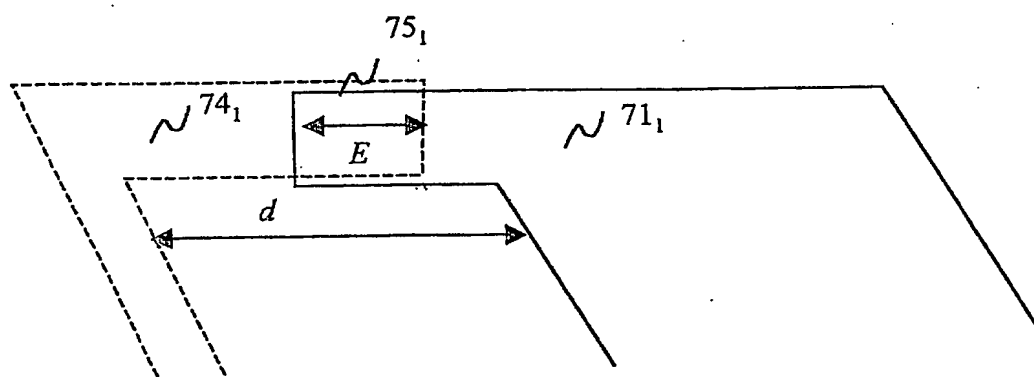


Fig. 7b

7/8

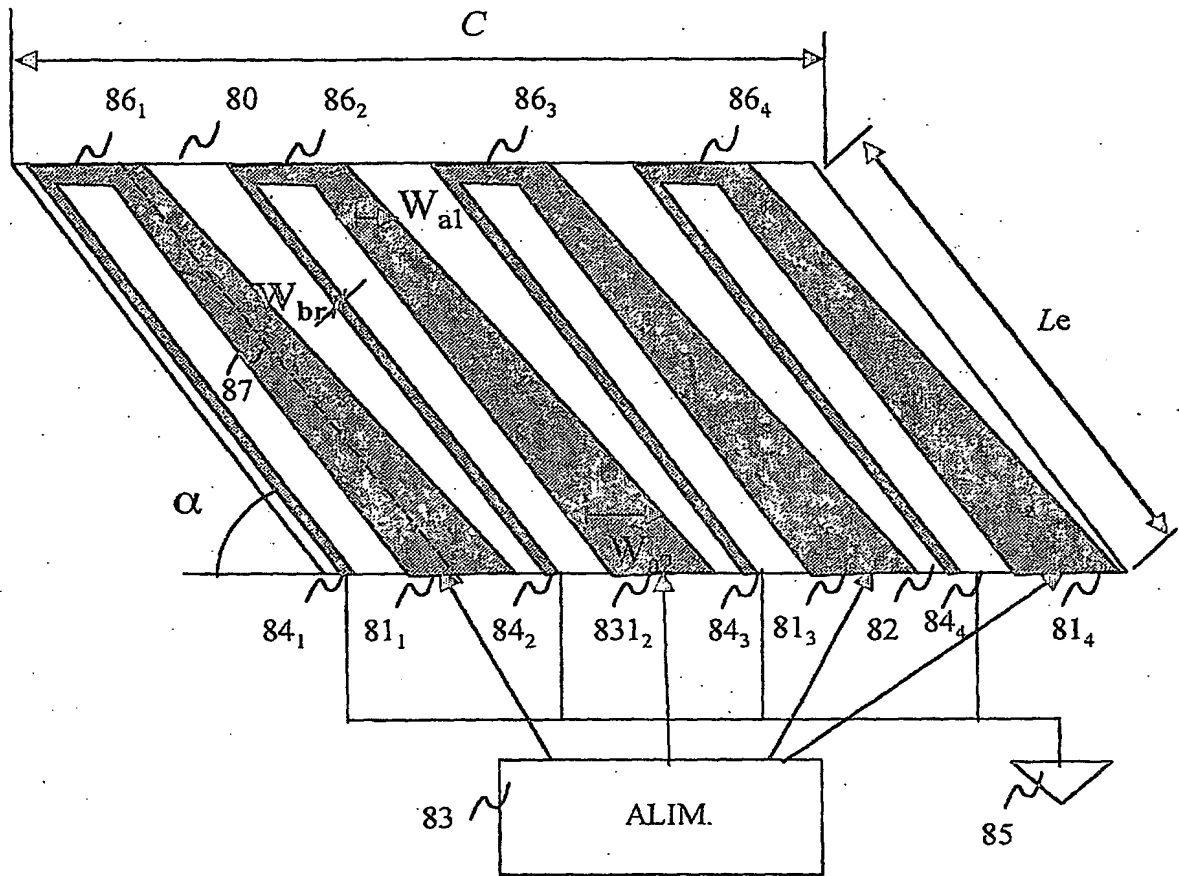


Fig. 8

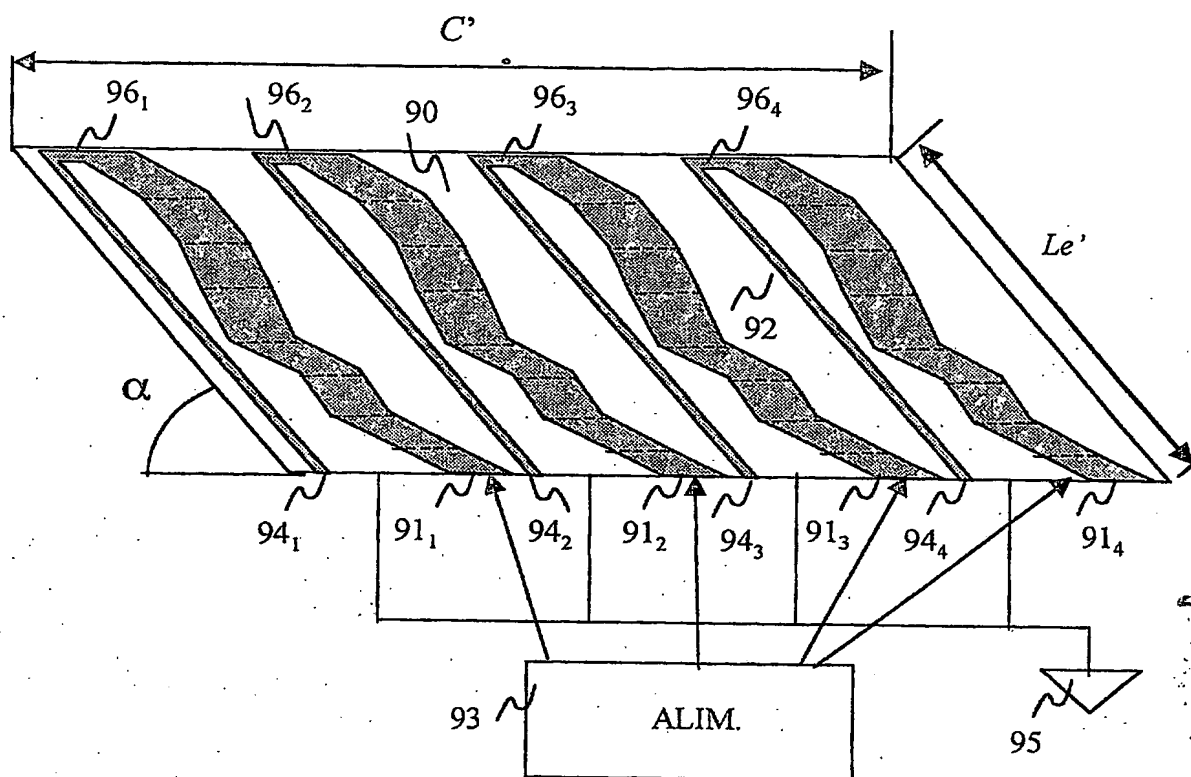


Fig. 9a

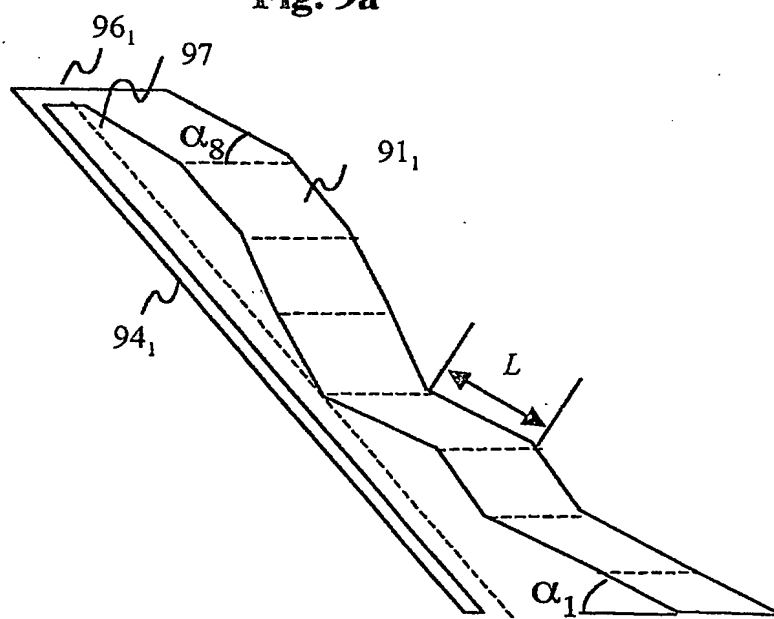


Fig. 9b

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

| | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|-----------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | 8039 | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0211696 | |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | | |
| Antenne hélicoïdale à large bande | | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | | |
| Université de Rennes I 2 rue du Thabor CS 46510 35065 RENNES CEDEX | | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). | | | |
| Nom | | SHARAIHA | |
| Prénoms | | Ala | |
| Adresse | Rue | 48, square Louis Boulanger | |
| | Code postal et ville | 35700 | RENNES |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | LETESTU | |
| Prénoms | | Yoann | |
| Adresse | Rue | 6, rue des fontenelles | |
| | Code postal et ville | 22100 | Le Hinglé |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| Nom | | LOUVIGNE | |
| Prénoms | | Jean-Christophe | |
| Adresse | Rue | 239Bis avenue du Général Leclerc | |
| | Code postal et ville | 35700 | RENNES |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Le 20 septembre 2002 P. VIDON Mandataire (CPI 92-1250) | | | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'Informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.